

文章编号:1672-9854(2007)-03-0015-06

淹没不整合型层序 ——一种特殊的加深淹没

符颖, 韩林

(中国地质大学(北京)地球科学与资源管理学院)



符颖

摘要 淹没不整合型层序以其凝缩层直接覆盖于层序界面上,即凝缩层+高水位体系域层序类型为特征,以不含有任何暴露证据而区别于层序地层学定义的Ⅰ型和Ⅱ型层序界面,成为碳酸盐地层中的一种特殊类型的三级旋回层序界面。以淹没不整合型层序的特征描述、鉴别方法和实例分析阐述了淹没不整合是一种旋回层序的特殊类型即加深淹没型层序界面。这种淹没不整合型层序在油气运移方面起着重要作用。

关键词 淹没不整合;凝缩层序;层序界面;碳酸盐岩;层序地层学;油气运移

中图分类号:TE111.3

文献标识码:A

符颖 1983生,2005年毕业于河南理工大学地球与科学技术学院,现为中国地质大学(北京)在读硕士研究生,沉积学专业。通讯地址:100083 北京市海淀区学院路29号中国地质大学(北京)S0501-2信箱;电话:(010)82327885

1 概述

层序地层学的诞生和发展,为人们提出了根据地层的沉积作用规律来划分和确定地层单位的方法,但是建立在地震地层学基础上的层序地层学所提出的只是由体系域组成的层序这样一个大框架,并且主要局限于被动大陆边缘,其所使用的沉积模式也过于简单化。以 Vail 等^[1]为首的地质学家们根据暴露间断面的类型只定义了类型Ⅰ(低水位体系域+海进体系域+高水位体系域)和类型Ⅱ(陆棚边缘域+海进体系域+高水位体系域)层序,并未识别出“淹没不整合型层序”。在此基础上,旋回地层学取得了惊人的发展,自 Tucker^[2]提出淹没型台地以来, Schallager^[3-4]将其界面称为“淹没不整合面”。随后,以 Goldhammer^[5]等为首的学者们提出将“淹没不整合面”(或加深饥饿间断面)定义为地层记录中的另一种类型间断面,从而定义了第三种类型的层序,即凝缩层+高水位体系域(CS+HST)

序列。在国内,梅冥相^[6]对“淹没不整合型层序”的形成机制和相序结构进行了论述。

在一些情况下,整合边界的碳酸盐层序形成于新的三级海平面变化旋回的海平面上升时期快速加深过程中。假如上升速度很大,远远超过碳酸盐沉积物的堆积速率,那就将造成碳酸盐台地的淹没事件从而形成淹没型台地^[2],而在淹没台地中其淹没事件本身也就形成了一个水下沉积不连续面以及地层间断面,故 Schallager^[3]和 Goldhammer^[5]称之为“淹没不整合面”,成为碳酸盐地层层序中的一种典型的三级旋回层序界面。其特征是凝缩段直接覆盖于层序界面上,不必含有任何暴露证据,它同时也是沉积间断面,因为在海平面上升的快速加深过程中使沉积水体加深,造成碳酸盐岩生产速率的降低或停止生产,从而形成沉积滞后效应所形成的间断面。

旋回层面的界面首先是一个“相变面”,地层记录中广泛分布多样的相变面。第一种是由于古地理背景不同,在沉积环境的时间动态变化过程中,由于

收稿日期:2007-04-04

加深饥饿间断面,常缺乏暴露标志,其直观标志是:下伏地层向上变深,而且加深的幅度和规模较大,常常是远洋和半远洋相的深水或半深水沉积物直接覆盖在浅水沉积物之上,界面上下的地层或岩石相带不连续,相变突然。Ⅲ型层序的界面、潮下型米级旋回层序的界面均为此类型的间断面,也就是说远洋及半远洋的具“凝缩段”性质的慢速沉积直接覆盖在浅水沉积之上即形成该层序界面,但不是所有的“凝缩段”之下均为加深间断面的旋回层序界面。作为界面,它一定具有下伏地层或岩石向上变浅、上覆地层突然变深的变化特征,这种加深间断面主要发育在碳酸盐地层中^[7-9]。

如图 1 所示,在相对海平面上升期间,由于海平面上升速率超过碳酸盐的生产和堆积速率,产生淹没事件而形成下部沉积单元——凝缩段,在该凝缩段直接覆盖在下伏层序的高水位体系域单元上,两者之间即为一个淹没不整合面;在三级海平面变化速度

[illegible]图 1 淹没不整合型碳酸盐三级层序相序特征^[6]

这不同于 Exxon 模式^[10]定义的类型 I 和类型 II 层序(如图 2), I 型层序底部以 I 型层序界面为界,顶部为 I 型层序或 II 型层序边界; II 型层序底部以 II 型层序界面为界,顶部为 I 型和 II 型层序边界。I 型层序界面的形成被解释为是由于全球海平面下

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

降速度超过滨线坡折带处盆地的沉降，因而在该处产生海平面相对下降时形成的，而淹没不整合型的

三级层序其底界面是一个淹没不整合面或是“加深饥饿间断面”。

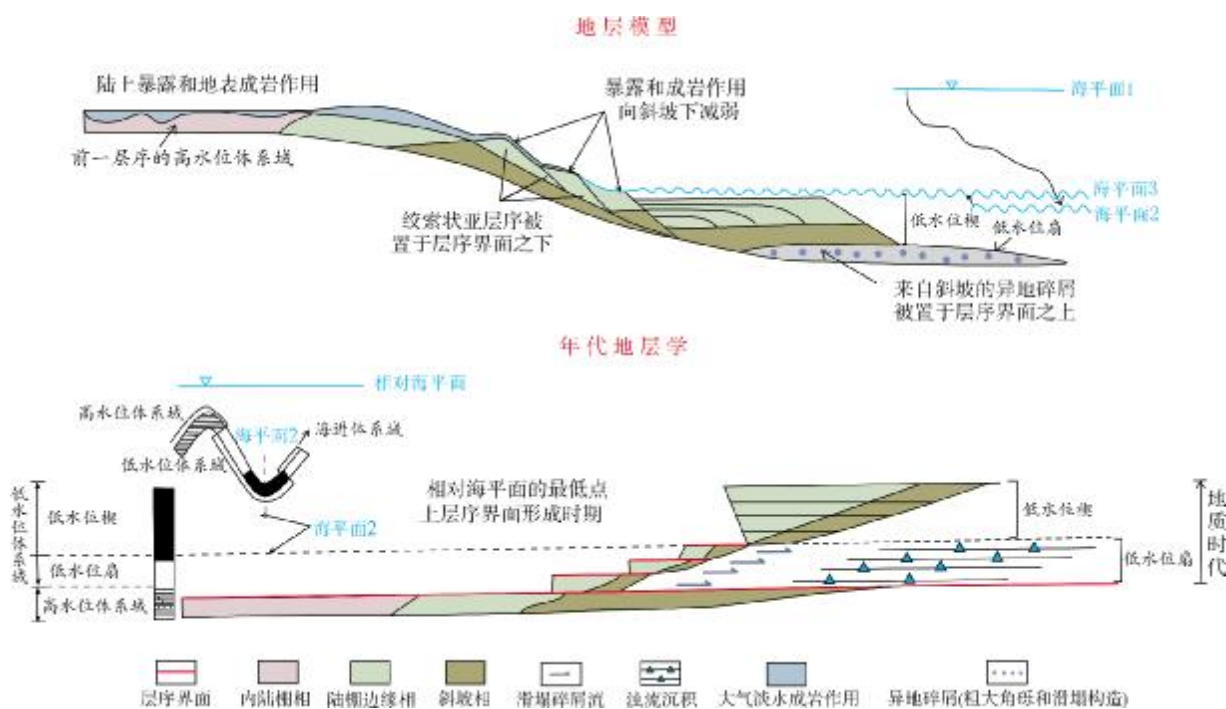


图2 传统 Exxon 层序地层的分类体系

3 淹没不整合型碳酸盐三级层序的形成机制及其识别

淹没不整合型碳酸盐三级层序是以凝缩段直接覆盖于层序界面上,不必含有任何暴露证据为沉积特征。上覆的凝缩段的形成作用即是凝缩作用,它是由地层的沉积作用速率和堆积作用速率降低以及非沉积作用的结果。在碳酸盐台地中,由于海平面相对上升速率超过其生产速率和堆积速率,环境突然加深将使沉积速率突然降低,而形成非补偿沉积环境,结果就产生凝缩作用,从而形成凝缩段直接覆盖在浅水台地碳酸盐沉积之上,两者之间将产生一个沉积间断面,该间断面即为淹没不整合面。随着海平面上升速率的减小,沉积环境逐渐变浅,碳酸盐生产和堆积速率增大,又形成以浅水碳酸盐沉积为特征的高水位体系域单元。这一个“淹没加深—逐渐变浅”的过程即形成淹没不整合型三级旋回层序^[6]。

凝缩作用在淹没不整合型层序中有着非常重要

的影响。凝缩段主要是受以下因素影响：沉积速率的递减、累积速率的递减以及化石组合。由于这三种因素的影响区分出了三种不同类型的凝缩作用：沉积凝缩作用、地层凝缩作用和埋藏凝缩作用^[10]。地层凝缩层是在沉积速率逐渐减弱为零的情况下岩石体形成厚度薄于同一间隔时期形成的岩石体的过程，但当厚度的减小归因于低的累积速率时，这个过程就称作沉积凝缩作用。埋藏凝缩作用是指一个古生物临时连续的遗体 and 遗迹混合的过程。

凝缩的概念指示了两个或多个层段、沉积物或是化石之间的关系，因而不能应用于单一的沉积物。凝缩段或凝缩沉积物不能仅仅通过硬地、缺失面、自生矿物的高度密集或是不同年龄化石组合的存在来判断。然而，这些可见特征的出现频率并不能与地层或沉积凝缩度成一定的比例。

与通常所说的向上变浅层序相反，在这些层序中沉积速率、相对深度和沉积物的累积度的最大值与基准面和它们向上减小的变化量相一致。在向上变浅层序以及浅海台地里的向上变粗层序中，凝缩

化石组合时常联合最大比率的沉积事件,如通过埋藏再造指示的一样。

不整合和凝缩段的相对分布不能用作特殊古地理位置或是海平面向着海洋或更深条件下升降变化的判别标志。在最大海侵期,凝缩过程可以出现在台地的远端部分,但是在海退时期凝缩段则出现在台地的最浅部分。浅海台地凝缩段的分布很大程度上受到同沉积构造的影响。地层凝缩度在受断层影响而上升的地块中高于其周围更深的地区。

在淹没不整合层序类型的识别过程中,凝缩段的存在是其重要的识别标志,同时也是淹没不整合与构造不整合的最大区别之所在。凝缩段主要由灰泥沉积物组成,常具生物扰动构造,典型的代表是薄层状泥灰岩、微晶灰岩以及生物扰动灰岩和蠕虫状灰岩等,还含有丰富的浮游和底栖生物组合,并表现为沉积作用和生态环境的转换层。由下浮的潜水沉积给予海侵作用相伴生的底栖生物群落变为深水或较深水沉积及与其伴生的浮游生物组合,而且凝缩段代表了时间跨度比较长但沉积速率极低条件下的饥饿沉积。由于沉积物与海水的长期接触引起各种海解成岩作用^[11],常常出现页岩、自生海绿石、菱铁矿、磷灰石、原生的白云石等。

另外,凝缩段直接覆盖在其下不同时代地层之上,其上覆地层逐渐变浅的非对称相序也是淹没不整合重要的鉴别特征。

4 实例分析

淹没不整合型这种典型的三级层序在我国很多地方都有发育,例如广泛发育在中国南方的二叠系与三叠系之交的台地淹没事件,使二叠系长兴组构成的碳酸盐台地被淹没,在局部古地形较高的地方,碳酸盐继续生长堆积,而大部分地区被淹没形成以硅质泥岩、黑色泥页岩为特征的“大隆层”,从而形成“大隆组”与长兴组上部的地层(局部发育)构成一种等时相变关系。淹没事件之后,于早三叠世早期则发育一个远端变陡型缓坡型台地(由大冶组灰岩组成的台地)。

在南盘江拗陷的二叠系和三叠系之交就是这么一个典型的淹没不整合型层序界面(图3),其特征是:①碳酸盐台地被早三叠世中晚期的凝灰岩以及黑色页岩逐渐超覆;②凝缩序列(由黑色页岩、硅质泥岩、钙质泥岩、粘土岩等构成)直接覆盖在长兴

组组成的碳酸盐岩台地上,在先前古地理背景较浅或古地形较高的地方碳酸盐接受淹没的时间比较晚,从而造成大隆组地层构成的凝缩段在局部地方形成等时异相的关系^[12-13]。

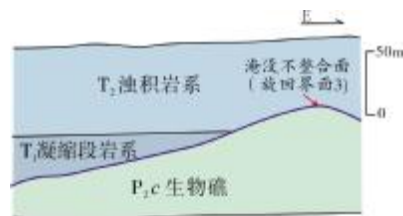


图3 广西隆林科凤—样播二叠系—三叠系
淹没不整合面示意图

T₂ 中三叠统; T₁ 下三叠统; P₂c 长兴组

另外,在滇黔桂盆地及其邻区二叠系与三叠系之交也为典型的淹没不整合面,在晚二叠世长兴晚期发生快速海侵导致了第Ⅰ幕的淹没事件。位于上二叠统长兴阶大隆组凝缩段的底界面,连陆台地内部甚至连陆台地与古陆边缘之间的过渡带、原钦—防海槽区、台盆地等古地貌相对较低的地方均发生迅速淹没,且淹没的幅度大,形成半深水—深水环境,从而在这些地区发育了大隆组或可与大隆组对比的地层。它们是第Ⅰ幕淹没事件形成的凝缩段,凝缩段的底界面为第Ⅰ幕淹没不整合面。

在此之后,早三叠世印支初期发生更大规模的快速海侵导致了更大的第Ⅱ幕淹没事件。位于下三叠统罗楼组、马脚岭组等同时异相沉积地层底部的凝缩段的底界面,淹没幅度更大,形成了半深水——深水环境,从而发育了以罗楼组、马脚岭组等地层底部的泥页岩系。它们是第Ⅱ幕淹没不整合面,这两幕淹没不整合面合称二叠系与三叠系之交的淹没不整合面(如图4),它们是三级层序SQ26的底界面,具有明显的穿时性、生物演化上的不连续性、地层沉积上的不连续性,而且具有直接覆盖在其下伏不同时代地层之上的半水深—深水盆地相凝缩段这一地层沉积特征^[14-15]。

5 淹没不整合型层序在油气运移中的意义

沉积与剥蚀、隆升与沉降的持续发生,造成了地层不整合的普遍性和类型的多样性。构造地质学中,不整合分为平行不整合和角度不整合。角度不整合主要表现为不整合面上两套地层之间既缺失

部分地层, 又产状不同。层序地层学中, 根据成因将不整合分为与侵蚀作用有关的穿时不整合和与侵蚀作用无关的淹没不整合。

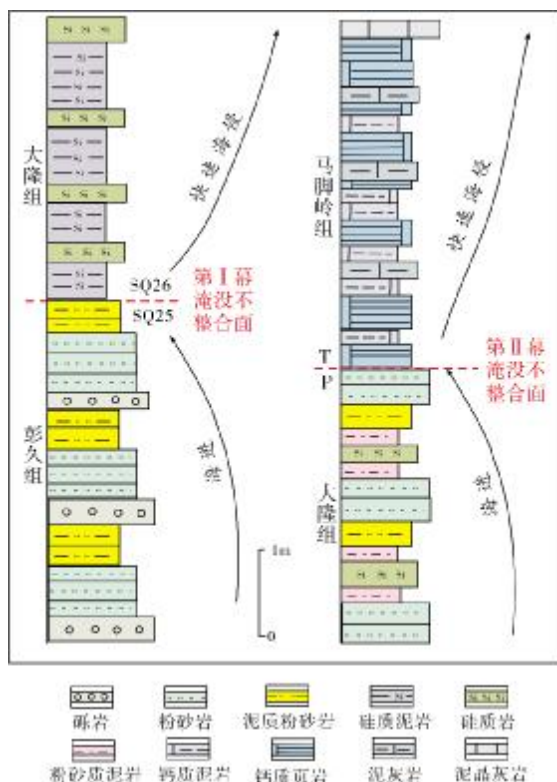


图4 广西钦州大直剖面淹没不整合面
SQ26 下三叠统印支阶; SQ25 下三叠统长兴阶

用层序地层学中的地层终止方式来分析不整合对油气运移的作用似乎更容易理解。地层的终止方式主要有上超、下超、削截、顶超等几种。上超形成于沉积序列的底部, 表示原始地层(水平的或倾斜的)沿上倾方向依次超覆在原始倾斜更陡的界面上; 削截是沉积地层遭受侵蚀后形成的侧向终止。对油气运移影响较大的地层终止方式主要是上超和削截。

上超对油气运移的作用随上超地层与下伏地层性质及其相互之间的关系变化而变化。在下伏地层为非渗透层时, 由上超地层运移而来的油气不能进入下伏地层, 同时受上超地层的遮挡油气很可能被封堵在上超地层之中。如果上超地层存在圈闭, 就可能形成油气藏; 如果没有圈闭, 油气沿遮挡线向两侧高部位运移。在没有其他运移通道沟通情

况下, 当下伏地层为非渗透层时, 上超地层之中及其之下地层中生成的油气很难向烃源岩层之上的地层中运移和聚集^[16]。

当上超的下伏地层为渗透层时, 有上超地层运移而来的油气既可以进入下伏地层也可以沿上超面向上运移。而当上超地层与上超面倾向相反时, 由上超面运移而来的油气还可以向上超地层运移, 而造成运移方向的逆反。

但在淹没不整合型层序中没有削截作用, 正如上所述, 对油气运移影响较大的除了削截还有上超, 所以淹没不整合型层序在油气运移中也起着非常重要的作用。

6 结 论

由以上淹没不整合型旋回层序的相序特征表明, 地层记录中的间断面除了层序地层学中所说的Ⅰ型和Ⅱ型层序界面即“暴露间断面”外, 还有一种特殊的层序界面——淹没不整合型碳酸盐三级旋回层序界面, 即由加深淹没而形成的“加深饥饿间断面”。

另外, 淹没不整合型层序中, 凝缩段之上(高水位体系域)地层的上超也影响着油气运移和储集, 对油气的勘探开发都起着非常重要的作用。

致谢: 在本文写作期间, 受到梅冥相教授的指导, 以及莫妮亚、张会昌等人的帮助, 在此向他们表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] Vail P R, Mitchum R M, Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 3 and Part 4 [A] [C] // Payton C E. Seismic stratigraphy applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memorior, 1977, 26: 63-98.
- [2] Tucker M E, Wright V P. Carbonate sedimentology [M]. Oxford, London: Bluckwell Scientific Publications, 1990: 482.
- [3] Schlager W. The Paradox of drowned reefs and carbonate platform [J]. Geol, Soc Am Bull, 1981, 92: 197-211.
- [4] Schlager W. Drowning unconformities on carbonate platforms [J]. SEPM Special Publication 1989 (44): 15-25.
- [5] Goldammer R K, et al. Depositional cycles, composite sea-level changes, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing [J]. Geol Soc Am Bull, 1990, 102: 535-562.
- [6] 梅冥相. 淹没不整合型碳酸盐三级旋回层序——兼论碳酸盐台地的凝缩作用 [J]. 岩相古地理, 1996, 16(6): 24-33.
- [7] 梅冥相. 碳酸盐旋回与层序 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995.

- [8] 梅冥相,高金汉. 岩石地层的相分析方法与原理[M]. 北京:地质出版社,2005.
- [9] 梅冥相,马永生. 从旋回地层的特征论地层记录的两相变面及两种穿时性[J]. 地层学杂志,2001,25(2):150-153.
- [10] Comez J J, et al. Condensed processes in shallow platforms[J]. Sedi Geo, 1994,92:147-159.
- [11] 李斌,邵长国,陈涌. 凝缩段的识别及其地质意义[J]. 华南地质与矿产,2004(1): 64-67.
- [12] 张国常. 三级层序界面野外露头的识别判断标志——以南盘江坳陷晚古生界地层为例 [J]. 贵州地质,2002,19(2):93-98.
- [13] 梅冥相,高金汉,孟庆芬,等. 南盘江盆地早—中三叠世层序地层格架及相对海平面变化研究 [J]. 现代地质,2002,16(2):137-146.
- [14] 郑宽兵,邓军,李浩,等. 滇黔桂盆地及其邻区三叠系与二叠系之交的淹没不整合[J].现代地质,2004,18(4):564-571.
- [15] 梅冥相,马永生,高金汉,等. 滇黔桂盆地及其邻区晚古生代层序地层格架及相对海平面变化[J].现代地质,2002,16(4):365-373.
- [16] 李明城. 石油天然气运移[M]. 2版.北京:石油工业出版社,1994.

编辑:金顺爱

Drowned Unconformity Sequence: A Special Type of Deepened Submerge Sequence Interface

Fu Ying, Han sin

Abstract: Drowned unconformity sequence is marked by a sequence interface on which a condensed section (CS) directly covers, which means a "CS+HST" type. It is distinguished with Type-I and Type-II sequence interfaces defined by sequence stratigraphy due to no evidence of exposure so that it becomes a special third-order carbonate cyclic sequence interface. Through the description of features, the introduction of identification methods and the analysis of examples, it is explained that the drowned unconformity sequence is a special type of stratigraphic cyclic sequence, that is the "deepened submerge sequence interface", which plays an important action in hydrocarbon migration.

Key words: Drowned unconformity sequence; Sequence interface; Sequence stratigraphy; Condensed section; Hydrocarbon migration

Fu Ying: female, Master degree in progress at Institute of Earth Sciences and Natural Resource, China University of Geosciences, Box SD501-2, Beijing, 100083 China